

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-4774

(43)公開日 平成8年(1996)1月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 16 C 33/62  
33/64

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-163229

(22)出願日 平成6年(1994)6月21日

(71)出願人 000102692

エヌティエヌ株式会社

大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号

(72)発明者 対馬 全之

三重県桑名市川岸町414の15

(72)発明者 伊藤 勝教

愛知県西春日井郡清洲町土田1丁目10-4

(74)代理人 弁理士 松野 英彦

(54)【発明の名称】 転がり軸受

(57)【要約】

【目的】 主に自動車のトランスマミッショニに使用される浸炭窒化材軸受を対象にして、軸受の鋼材の合金成分を低減しその冷間加工性を保持し、浸炭窒化処理時間を短縮して製造コストを低減し、且つ特に異物混入油潤滑条件下での転がり疲労寿命に優れた転がり軸受を提供することを目的とする。

【構成】 軸受の少なくとも軌道輪を、0.4~0.8%C、0.4%~0.9%Si、0.7~1.3%Mn、≤0.5%Cからなる中炭素鋼により成形し、該軌道輪に浸炭窒化焼入れと焼戻しによる表面硬化層を備え、表面硬化層の残留オーステナイトが20~40%であり、該軌道輪の芯部硬さをHRC58以下とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内輪及び外輪の軌道輪と該内輪及び外輪との間に介装される転動体とから成る転がり軸受において、

少なくとも上記軌道輪が、重量%で、C O. 4~0. 8 %と、S i O. 4~0. 9 %と、M n O. 7~1. 3 %と、C r O. 5 %以下と、残部にF e及び不可避的不純物とを含有して成る鋼により成形され、該軌道輪に浸炭窒化焼入れと焼戻しによる表面硬化層を有し、該表面硬化層の残留オーステナイト量が20~40%で、且つ芯部硬さがH R C 5 8以下であることを特徴とする転がり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車用トランスミッション等の異物混入潤滑条件下で使用される転がり軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】自動車のトランスミッションに使用される転がり軸受は、トランスミッションのギヤの摩耗粉が潤滑油中に懸濁し、転がり軸受の軌道輪転走面と鋼球などの転動体表面との間に摩耗粉が噛み込んで圧痕を形成し、圧痕ないしその周辺を起点として転走面の剥離を生じて軸受の転がり疲労寿命を低下させるので、一般的な清浄潤滑下で使用される軸受に比して、寿命が短い。

【0003】清浄な潤滑条件下で使用される転がり軸受については、高炭素クロム軸受鋼(S U J 2鋼など)の焼入れ焼戻し材よりも、低炭素構造鋼(S C r 4 2 0鋼など)の浸炭処理材の方が一般に転がり寿命は優れているが、この低炭素鋼の浸炭処理をもってしても異物混入油潤滑条件の寿命改善には不十分であり、この点を解決すべく、既に、0. 1 5~0. 4 % C含有の低炭素浸炭鋼により形成して、軌道輪及び転動体に浸炭により表面硬化層を一定厚み以上に確保しつつ、芯部硬さを高硬度に調製した異物混入潤滑条件下で使用される転がり軸受を提案した(特開昭62-132031号公報)。

【0004】また、従来技術として、上記軸受鋼の浸炭処理後高温焼戻しを行って耐摩耗性と耐熱性を改善した転がり軸受(特公平3-56305号公報)や、0. 4~0. 8 % C含有の中炭素高クロム(モリブデン)鋼を浸炭ないし浸炭窒化処理して異物混入潤滑油環境下での使用に適した転がり軸受(特公平6-11899号公報)が提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年の自動車用軸受には、特に、異物混入油潤滑条件下における寿命の一層の向上とともに、低コスト化が要求され、これに対応して、製造コストの削減が必要であり、軌道輪の加工工程で成形精度の高い冷間加工(冷間の旋削や転動溝成形を含む冷間鍛造ないし冷間ローリング加工)による切削工

程の削減および熱処理工程の簡素化を前提とした軸受用鋼材の開発が要求されている。

【0006】異物混入潤滑条件下における寿命には、表面硬化層の硬さとともに、硬化層中に残留オーステナイトが一定量が含まれることが有効であるが、この点から、鋼の母材中の炭素含有量を高くするか、低中炭素鋼として、表層に充分な浸炭層ないし浸炭窒化層を形成する必要がある。しかし、上記軸受鋼は1% C程度の高炭素であるため冷間加工性が悪く、他方、低炭素鋼とすると、加工性が良好であるが、表面硬化に必要な浸炭ないし浸炭窒化の処理に長時間を要し、加工コスト高いし熱処理コスト高を招くことになる。さらに、従来の鋼材中の合金成分は1%以上のC rを含有するので、素材の低コスト化を図る上で合金成分配合の低減の余地が残されていた。

【0007】本発明は、上述の問題に鑑み、鋼材中の合金成分の低減と冷間加工による製造コストの削減を図った低成本で、且つ、特に異物混入油潤滑条件下における転がり疲労寿命に優れた転がり軸受を提供しようとす

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の転がり軸受は、内輪及び外輪の軌道輪と該内輪及び外輪との間に介装される転動体とから成る転がり軸受において、少なくとも上記軌道輪は、重量%で、C O. 4~0. 8 %と、S i O. 4~0. 9 %と、M n O. 7~1. 3 %と、C r O. 5 %以下と、残部にF e及び不可避的不純物とを含有して成る鋼により成形され、該軌道輪に浸炭窒化焼入れと焼戻しによる表面硬化層が形成され、該表面硬化層の残留オーステナイト量が20~40%で、且つ芯部硬さがH R C 5 8以下であることを特徴とするものである。

【0009】本発明の軸受の軌道輪は、上記組成の鋼により冷間形成し、次いで、浸炭窒化処理により表面浸炭窒化層を形成しながら、その後に焼入れして表面浸炭窒化層を、基地がマルテンサイト組織で且つ適度の残留オーステナイトを含む表面硬化層とし、その後低温で焼戻しをして、表面硬化層の残留オーステナイトを20~40%の範囲に調整する。軌道輪の芯部は、上記組成の中炭素鋼の焼入れ焼戻し材と同じで、焼戻し後の芯部硬さをH R C 5 8以下にする。また、転がり軸受は、軌道輪と共に転動体も、上記組成の鋼で形成し、浸炭窒化焼入れ後焼戻しをして、表面硬化層の残留オーステナイトと芯部硬さを同様に調整したものが好ましい。

## 【0010】

【作用】本発明は、まず、0. 4~0. 8 % Cの範囲の中炭素鋼を冷間加工後に浸炭窒化処理するものであるが、0. 4~0. 8 % Cの範囲としたのは、0. 8 % Cを超えると、焼きならし材が硬くて、軌道輪成形時の冷間加工性を阻害し、冷間鍛造等の場合には充分な加工量

と成形精度が得られないためである。特に、C含有量を0.6%C以下とするのが、冷間加工性の点から好ましい。他方、C含有量が0.4%C未満であると、所要の表面硬さと残留オーステナイト量を確保するのに浸炭窒化処理に長時間を必要とするからである。

【0011】鋼中のCrは、製鋼原料及び製鋼法により決まる程度の不純物として含まれるが、添加されるにしても0.5%Cr以下の含有量とする。本発明においてCr含有量を低減するのは、従来の浸炭窒化用鋼が1%Cr以上を含有させて、表面の浸炭窒化層に多量のCr炭化物を微細に分散させて表面硬さと耐摩耗性、耐熱性を確保していたのに対して、本発明は、Cr炭化物の形成に消費されるN含有量を低減して、短時間の浸炭窒化処理で表面硬化層の残留オーステナイトの形成に要する浸炭窒化温度でのオーステナイト基地中の固溶N量を高めるためであり、さらに、Cr添加量の低減によるコスト低減を図るためにある。本発明が0.5%Cr以下とするのは、0.5%Crを超えると、表層の浸炭窒化層にNが侵入濃化し難くなり、表面硬化層に所要の残留オーステナイトを形成するのに長時間の浸炭窒化処理を要し妥当でない。Cr含有量は、好ましくは0.3%以下がよく、特に製鋼原料から混入するCrを考慮して、0.02~0.3%Crの程度の含有量とする。

【0012】鋼中Mn含有量は、0.7~1.3%Mnの範囲とする。Mnの添加により浸炭窒化層と芯部の焼入れ硬化能を確保するために、0.7%Mn未満では、Cr含有量を低減したことによる焼入れ性を補償するためであり、1.3%Mn超過では、冷間加工性を阻害し、Mnがオーステナイトを安定化させて芯部の残留オーステナイト量が増加するので、寸法安定性に悪影響を及ぼす。

【0013】鋼中Si含有量を0.4~0.9%Siの範囲とするのは、Siが耐焼戻し軟化抵抗性を上げて耐熱性を確保し、異物混入油潤滑条件下での転がり疲労寿命を改善するからで、本発明は、Cr含有量の低減に伴う軌道溝・転走面の耐熱性の不足をSiの増加が補って余りある効果を示す。0.4%Si未満では、寿命改善効果がなく、0.9%Si超過では、焼きならし材を硬くして冷間加工性を阻害するからである。

【0014】その他の不純物として、P、S、Oの含有量は極力低くするが、特に、酸化物系介在物を低減して、表面硬化層の介在物回りの応力集中に伴う寿命の影響をなくするために、O含有量は、15ppm以下に低減する必要がある。

【0015】上記組成の鋼を軌道輪に成形して浸炭窒化すると、表面にC及びNの含有量の高い浸炭窒化層が形成される。本発明の鋼材は、Cr含有量を低減したので、浸炭窒化過程で、Cと特にNの表面への拡散濃縮は速やかに進行し、浸炭窒化処理時間の短縮に有効である。この濃化したNは、焼入れ過程のMs点を低下させ

て、オーステナイトを安定させるので、焼入れ後には浸炭窒化層の焼入れ組織中に多量のオーステナイトが残留する。これを200°C以下の低温で焼戻して表面硬さHRC60以上の表面硬化層とし、最終的にその残留オーステナイトを20~40%にする。

【0016】表面硬化層の残留オーステナイトは、潤滑油中の硬質の異物粉の転走面への噛み込みによって転走面に圧痕が形成されても、表面硬化層中に分散するオーステナイト粒が圧痕周縁で容易に塑性変形して、表面硬化層での応力集中を緩和し、亀裂伝播を遅延させ、転がり寿命を改善する。残留オーステナイト量を20~40%に調整するのは、20%未満では、転がり寿命の改善に不十分であり、40%を超えると、表面硬化層の硬さがHRC58以下となり、耐摩耗性が低下して適当でないからである。

【0017】他方、芯部の硬さはHRC58以下に調整するが、好ましくは、HRC48~58の範囲とする。芯部の硬さは、異物混入油潤滑条件下における転動疲労寿命に対して、ある程度高い方がよいが、表面硬化層の硬さ(HRC60以上)よりは低くする(HRC58以下)のが望ましい。表面硬化層に対して芯部硬さを低下させると、熱処理により表面硬化層に残留圧縮応力が発生し、これは、上記異物圧痕周縁に形成される残留応力を相殺し、亀裂発生を抑制して、寿命延長に良好な影響を及ぼす。

【0018】芯部は、中炭素鋼の焼入れ焼戻し組織に相当するから、残留オーステナイト量は、表面硬化層よりも少なく、また、高炭素軸受鋼の焼入れ焼戻し材よりも少ないから、高炭素軸受鋼に比して、寸法安定性がすぐれている。

【0019】従来から高炭素Cr軸受鋼の浸炭窒化処理材の寸法安定性を改善するのに、200°C以上の高温焼戻しをして、芯部残留オーステナイトを分解させ寸法安定性を確保する方法があるが、この為には、高温焼戻しによる表面硬化層の軟化を防止するために高Cr含有量とし、同時に、表面硬化層に高温焼戻しによる残留オーステナイトの分解を補償するために多量の残留オーステナイトを生成させる必要があり、このため長時間の浸炭窒化処理を行う必要があった。本発明は、中炭素鋼であるので、低温焼戻しでも芯部残留オーステナイトが少なく、必要な寸法安定性を容易に確保でき、従って、高温焼戻しを要しないから、浸炭窒化層を高濃度に浸炭窒化する必要がなく、表面硬化層(浸炭処理後の浸炭窒化層)に所要の残留オーステナイトを確保できるので、浸炭窒化処理時間を短縮できるのである。

【0020】他方、従来の低炭素Cr鋼は、芯部の残留オーステナイトが少なく寸法安定性は良好であるが、表面硬化層に所要の硬さと残留オーステナイトを形成するのに長時間の浸炭窒化処理を必要とする。本発明は、中炭素鋼としているので、浸炭窒化処理時間の短縮が可能

となるのである。

【0021】さらに、本発明における浸炭窒化は、鋼材を中炭素鋼として且つ鋼中C rを低減しないしは実質的に含まないので、上述の如く浸炭窒化速度が大きく、上記表面硬化層の残留オーステナイト量を確保するのに短時間の処理でよく、従って、高炭素軸受鋼や低炭素C r鋼の浸炭窒化に比して、浸炭窒化処理の簡素化に有効である。

#### 【0022】

【実施例】本発明の実施例及び比較例に使用した鋼種A～Gの化学組成を表1に示したが、比較例の鋼種F、Gについては、低S iとして、S iの影響を見ることとし、比較例には、従来のS C r 4 2 0 鋼とS U J 2 鋼も含めた。これらの鋼材によりJ I S型番6 2 0 6の玉軸受用の内輪、外輪及び転動体の玉を冷間加工により形成し、下記の熱処理を行って、玉軸受とした。

#### 【0023】浸炭窒化処理は、次の3条件で行った。

浸炭窒化I：850°C×150minの浸炭窒化後100°C油中焼入れ。

浸炭窒化II：880°C×40minの浸炭窒化後100°C油中焼入れ。

浸炭窒化III：850°C×450minの浸炭窒化、850°C×30min焼入れ後、180°C×2h焼戻し。

浸炭窒化IVは、処理時間短縮の可能性を調べるためのも\*

\*のである。上記浸炭窒化処理後いずれも、180°C×2hの焼戻しを行った。また、従来のS C r 4 2 0 鋼については、低炭素であることを考慮して、浸炭窒化IIIとして、950°C×450minの浸炭窒化と850°C×30minの拡散加熱した後、100°C油中焼入れを行い、同様に180°C×2hの焼戻しを行った。

【0024】製作した比較例及び実施例の軸受につき、下記の条件で、転がり寿命試験を行った。

異物混入油潤滑下での試験： ラジアル荷重F r：6.10 9 kN、回転速度：2000 rpmで、潤滑は、油中に異物として鋼微粉0.4 g/lを混合したVG56ターピン油の油浴潤滑であった。

清浄油潤滑下での試験： ラジアル荷重F r：12.25 kN、回転速度：2000 rpmで、潤滑は、清浄なVG56ターピン油の循環給油によった。

【0025】従来例としては、S U J 2 鋼の従来の焼入れ焼戻し処理をした軸受についても同じ試験を行い、この焼入れ焼戻しした軸受を基準として、上記実施例と比較例の転がり疲労寿命を評価した。

#### 【0026】

【表1】

| 鋼種           | 化学組成(%)           |      |      |      | 表面硬さHRC | 表面硬さHRC (%) | 芯部硬さHRC | 残留オーステナイト量(%) | 10% 寿命比 |      | 500°C×1h<br>焼戻し硬さHV | 熱処理                     |
|--------------|-------------------|------|------|------|---------|-------------|---------|---------------|---------|------|---------------------|-------------------------|
|              | C                 | S i  | Mn   | C r  |         |             |         |               | 清浄油     | 異物混入 |                     |                         |
| 実施例          | A                 | 0.59 | 0.81 | 0.82 | 0.21    | 61.3        | 28      | 57.5          | -100    | 2.0  | 3.5                 | 550                     |
|              | B                 | 0.60 | 0.50 | 0.82 | 0.21    | 61.5        | 28      | 57.5          | -100    | 2.2  | 3.2                 | 570                     |
|              | C                 | 0.55 | 0.78 | 1.21 | 0.22    | 60.9        | 25      | 57.0          | -100    | 2.0  | 3.5                 | 550                     |
|              | D                 | 0.42 | 0.49 | 0.81 | 0.21    | 60.0        | 25      | 42.0          | -150    | 1.9  | 3.3                 | 560                     |
|              | E                 | 0.45 | 0.50 | 0.90 | 0.48    | 60.2        | 25      | 45.0          | -150    | 1.5  | 2.0                 | 560                     |
| 比較例          | F                 | 0.57 | 0.28 | 0.81 | 0.20    | 61.3        | 27      | 57.0          | -110    | 1.1  | 1.5                 | 570                     |
|              | G                 | 0.59 | 0.01 | 0.80 | 0.21    | 59.1        | 28      | 57.0          | -100    | 1.0  | 1.5                 | 560                     |
|              | SUJ2              | 1.0  | 0.25 | 0.4  | 1.4     | 63.0        | 28      | 62.0          | -50     | 1.2  | 1.5                 | 580                     |
|              | SCr <sup>a)</sup> | 0.29 | 0.20 | 0.7  | 1.0     | 59.0        | 22      | 40.0          | -200    | 0.7  | 2.0                 | 530                     |
| 従来例<br>SUJ2鋼 | 1.0               | 0.25 | 0.4  | 1.4  | 62.0    | 10          | 62.0    | 0             | 1.0     | 1.0  | 450                 | 焼入 <sup>b)</sup><br>焼戻し |

1) オーステナイト量：表面硬化層の残留オーステナイト量

2) 浸炭窒化II：880°C×40min 浸炭窒化 100°C油中焼入れ後、180°C×2h焼戻し

3) 焼入焼戻し：850°C×40min 加熱 100°C油中焼入れ後、180°C×2h焼戻し

4) SCr420鋼（浸炭窒化III）950°C×450min 浸炭窒化、850°C×30min 焼入れ 180°C×2h焼戻し

5) 表面硬化層の残留応力

【0027】試験条件及び結果を表1にまとめてあるが、まず、C含有量と浸炭窒化焼入れして焼戻し後の表面硬さを見ると、表面硬さHRC 60以上を確保するためには、この熱処理条件下に示す如く短時間の浸炭窒化処理では、この表に示すように、0.4%C以上のC含有量が必要であり、他方、C含有量の増加は冷間加工性

を阻害するので、本実施例の如く、好ましいC含有量は0.4～0.6%Cの範囲である。

【0028】S i含有量と転がり疲労寿命の関係を表1に見ると、実施例の鋼種A～Eと比較例F～Gの寿命データから、S i 0.5～0.8%を含有する軸受は、従来例（S U J 2 鋼の焼入れ焼戻し軸受）に比して、異物

混入油潤滑下での10%寿命を2倍以上向上させることができ。S i 含有量の低い軸受では充分な寿命改善効果は得られない(比較例F~G)。また、S i 0. 5~0. 8%含有軸受は、清浄油潤滑下での10%寿命も従来例軸受より優れている。

**【0029】**表2は、本発明の鋼種Cと従来のSUJ2鋼につき、熱処理条件である浸炭窒化Iと、浸炭窒化処理時間を短縮した浸炭窒化IIとの10%寿命比に及ぼす効果を調べた結果をまとめたものである。表中の窒化深さは、500°C×1hの焼戻し後の硬さ分布を測定して、表層部の表面からの高硬度域の深さを以て表している。

**【0030】**表2において、本発明の鋼種Cの浸炭窒化材は、浸炭窒化処理時間を短縮した場合でも、窒化深さを減ずることなく確保でき、転がり疲労寿命も大差なく、SUJ2鋼の焼入れ焼戻し材及び同じ浸炭窒化条件でのSUJ2鋼の浸炭窒化材に比して優れた長寿命を発揮している。このように、本発明の転がり軸受は、880°C×40minの短時間の浸炭窒化処理(浸炭窒化I)で転がり疲労寿命の確保に十分に対処することができる。 20

### 【0031】

【表2】

| 鋼種   | 熱処理     | 窒化深さ<br>(mm) | 10%寿命比 |       |
|------|---------|--------------|--------|-------|
|      |         |              | 清浄油    | 異物混入油 |
| C    | 浸炭窒化I   | 0.50         | 2.2    | 3.3   |
|      | 浸炭窒化II  | 0.40         | 2.0    | 3.5   |
| SUJ2 | 焼入れ 焼戻し | -            | 1.0    | 1.0   |
|      | 浸炭窒化I   | 0.30         | 2.1    | 2.6   |
|      | 浸炭窒化II  | 0.25         | 1.2    | 1.5   |

\* 【0032】表3は、本発明の鋼種Cの浸炭窒化材と従来のSUJ2鋼の焼入れ焼戻し材との経時的寸法安定性を調べたもので、120°Cでの長時間の寸法測定結果では、浸炭窒化材の寸法変化がSUJ2の焼入れ焼戻し材の1/2以下となって寸法安定性が改善されている。寸法変化は軸受使用中の残留オーステナイトの分解によって生じるのであるが、表面硬化層はN富化によりオーステナイトが安定化されて残留オーステナイト量が多いが、容積の大部を占める芯部は中炭素鋼の焼入れ材組織とほぼ同じであるから、SUJ2の焼入れ焼戻し材より残留オーステナイト量が少なく、結果として、寸法安定性が改善される。

### 【0033】

【表3】

\*

120°Cにおける寸法変化率( $\times 10^{-5}$ )

| 鋼種   | 熱処理    | 保持時間(h) |       |       |       |
|------|--------|---------|-------|-------|-------|
|      |        | 100     | 500   | 1000  | 2500  |
| SUJ2 | 焼入れ焼戻し | 4       | 12~30 | 19~40 | 29~56 |
| C    | 浸炭窒化II | 1.5     | 3~12  | 8~16  | 12~23 |

**【0034】**次に、本発明の鋼種Cの浸炭窒化材と従来のSUJ2の焼入れ焼戻し材との耐食性を調べた結果を調べたが、試験方法は、いずれも試料18個について、鋼材の表面を#320エメリーパーペイントで研磨したあと、研磨面に防錆油を塗布し、次いで、防錆油を拭き取って、その表面に蒸留水を滴下した状態で表面錆の発生を観察した。

**【0035】**錆発生率は、試験個数に対する錆発生個数の割合で示すと、従来のSUJ2の焼入れ焼戻し材が6

7%であるのに対して、本発明の鋼種Cが9%であつて、本発明の浸炭窒化材が防錆の点でも優れていることが判った。浸炭窒化材の防錆性の改善は、表層のNの濃化によるものである。

### 【0036】

【発明の効果】本発明の転がり軸受は、0.4~0.8%Cの中炭素鋼として、Cr含有量を低減して浸炭窒化の際の固溶N量を相対的に多くするので、短時間の浸炭処理により所要の表面硬さと表面硬化層の残留オーステ

(6)

特開平8-4774

9

ナイト量を確保し、Siの添加により耐熱性を付与し、  
清浄油潤滑下だけでなく、特に、異物混入油潤滑条件下  
での転がり疲労寿命に優れている。

【0037】また、冷間加工が容易で、合金元素添加に

10

要する素材費を相対的に低減でき、浸炭窒化処理時間を  
短縮できるので、軸受製造コストの削減に効果的であ  
る。